

5. Шамоян Ф.А. Несколько замечаний к параметрическому представлению классов Неванлины-Джрбашяна // Матем. заметки. – 1992. – Т. 52. – N 1. – С. 128-139.

6. Шамоян Ф.А. Диагональное отображение и вопросы представления в анизотропных пространствах голоморфных в полидиске функций // Сиб. мат. журнал. – 1990. – Т. 31. – N 2. – С. 199-215.

## РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ХОНИНГОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЗОНЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Шкарбан А.Ю.

Казанский государственный университет

В работе решена задача электрохимического хонингования с учетом зоны локализации процесса растворения металла, рассчитаны анодная граница и гидродинамика течения электролита в межэлектродном зазоре. Электрохимическое хонингование характеризуется механическим и электрохимическим воздействиями на обрабатываемую поверхность. Механическое воздействие предназначено для депассивации обрабатываемой поверхности, электрохимическое воздействие позволяет осуществлять доводку деталей, трудно обрабатываемых механическим способом. Задача решается в двумерной постановке. Хон-инструмент представляет собой брусок металла, покрытый сверху и снизу изоляцией, который перемещается по заготовке. В данной работе учитывается наличие зоны локализации процесса: считается, что на определенном расстоянии от катода-инструмента процесс растворения металла прекращается.

Для решения задачи используется ее гидродинамическая аналогия. Электростатическое поле моделируется потенциальным течением идеальной несжимаемой жидкости, истекающей из непрерывно расположенных источников нижней части изоляции и поглощаемой непрерывно расположенными источниками на верхней части изоляции и в бесконечно удаленной точке. Рассматривается стационарная задача. Имеет место условие стационарности  $V = \cos \theta$ , где  $\theta$  – угол между касательной к анодной границе и осью  $Ox$ , а  $V$  – скорость фиктивного потока.

Как и в [1], задача решается методом годографа скорости с использованием аппарата теории аналитических функций. К области сопря-

женного годографа скорости  $D\bar{V}$  применяется преобразование инверсии  $\zeta = 1/\bar{V}$  относительно круга единичного радиуса. В качестве канонической области берется верхняя полуплоскость  $D_t$ . Конформное отображение области  $D_\zeta$  на область  $D_t$  осуществляется при помощи интеграла Кристоффеля-Шварца с производной

$$\frac{d\zeta}{dt} = c_1 \frac{(t-p)(t-q)(t-r)(t-s)}{\sqrt{t-1}\sqrt{t}(t-a)\sqrt{t-k}\sqrt{t-l}\sqrt{t-n}},$$

где постоянная  $c_1$  находится из соответствия точек  $t = 1 \leftrightarrow \zeta = i$ .

Область комплексного потенциала представляет собой прямоугольник, отображение которого на верхнюю полуплоскость также осуществляется при помощи интеграла Кристоффеля-Шварца с соответствующей производной

$$\frac{dW}{dt} = \frac{c_2}{\sqrt{t-1}\sqrt{t-d}\sqrt{t-m}},$$

где постоянная  $c_2$  находится из условия соответствия точек  $t = d \leftrightarrow W = i$ . Так как  $dW/dt = \bar{V}$ , то

$$dz = c_1 \zeta dW = c_1 c_2 \zeta \frac{dW}{dt} dt.$$

Здесь  $t = t_1 + it_2$ . Полагая  $t_2 = 0$ , интегрируя и разделяя переменные, получим параметрическое уравнение анодной границы. Уравнение содержит 10 параметров, параметры  $p, q, r$  находятся из условия, что функция  $\zeta$  в углах хон-инструмента обращается в нуль, а параметр  $s$  – из условия, что  $\zeta$  в точке начала зоны локализации обращается в  $\infty$ ; параметр  $a$  находится из условия, налагаемого на касательные напряжения, остальные параметры связаны с геометрией хон-инструмента и для их выражения через его геометрические размеры нужно решить систему из пяти нелинейных уравнений.

Течение электролита моделируется течением идеальной несжимаемой жидкости. Область комплексного потенциала этого течения представляет собой верхнюю полуплоскость и совпадает с областью  $D_t$ . Получены уравнения гидродинамических линии тока  $\psi = const$ .

Из уравнения Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости следует, что изобары совпадают с линиями постоянных скоростей  $|\zeta \frac{dW}{dt}| = const$ . Выполнены расчеты соответствующих изобар.

Для расчета вязкого потока и нахождения касательных напряжений применяется однопараметрический метод расчета турбулентного пограничного слоя, основанный на использовании уравнений импульсов. Распределение скорости на внешней границе пограничного слоя берется совпадающим со скоростью на анодной границе. Получена следующая формула для расчета касательного напряжения

$$\tau = 0,0065^{6/7} \left( \rho \frac{\nu}{a_1 V_0} \right)^{1/7} V^{2 + \frac{b-2}{7}} \left[ \int_1^t V(t)^{b-2} dt \right]^{-1/7},$$

где  $V(t) = |\zeta \frac{dW}{dt}|^{-1}$ ,  $\rho$  – плотность электролита,  $\nu$  – коэффициент вязкости электролита,  $V_0$  – характерная скорость электролита,  $a_1, b$  – известные параметры пограничного слоя. Из условий, накладываемых на  $\tau$ , находим параметр  $a$  и начало зоны локализации процесса растворения металла.

### Литература

1. Каримов А.Х., Клоков В.В., Филатов Е.И. Методы расчёта электрохимического формообразования. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1990. – 386 с.